

(2) 鋼板セル工法の特長

鋼板セル工法には以下のような特長がある。

(a) 高い耐震性

ケーソン等の重力式護岸は一般的に地震等に弱いと言われているが、鋼板セル護岸はセル先端を海底の支持層まで根入れさせるため耐震性が高い。

(b) 海上作業の工期短縮

セル打設箇所は、基本的には支持地盤が強固に改良されていれば良く、十分な地盤改良が必要なケーソンや捨石護岸等と比較して、セル護岸形成前の作業手間が、他の護岸工事よりも大幅に軽減され工期が短縮できる。

(c) 一括作業のため急速施工が可能

打設・中詰が1セットの一括施工により約20mの護岸を短時間で築造できる。また護岸全体としても短期間での築造が可能である。

(d) 継手処理による高い遮水性

セルとアークのジョイント部を袋詰めモルタルによる継手処理を行うことで、非常に高い止水性を得ることができるため、管理型廃棄物処分場護岸として、その機能を発揮することが期待されている。

(e) 高精度・高能率施工

後述する施工管理システムにより施工状況（セル中心位置・傾斜・根入れ速度・振動等）をリアルタイムに確認しながら打設を行うことで、高い打設精度を得ることが可能である。

(f) トータルコストの低減

上記の急速施工が可能で、事前の地盤改良が不要あるいは簡易な施工で済むことからトータルコストの低減も期待できる。

3. 施工方法

鋼板セルの施工は大きく分けて、(1) セル・アーク製作、(2) 打設装置製作・組立、(3) セル打設、(4) アーク打設に分類される。

(1) セル・アーク製作

セル製作は、分割搬入した鋼板を、現場の作業施設で溶接して各ブロックとする。次にブロックを曲げ台に載せて曲げ加工を行う。さらに形状確保のための曲げ保持器の取り付けを行う。次に写真-1に示すように、大型のクレーンを使用しブロックを建て起こして組立作業を行い、各ブロックを一体化させる。組立完了のセルを写真-2に示す



写真-1 セル組立状況



写真-2 セル組立完了 (φ22m × H24.1m)

(2) 打設装置製作・組立

セル打設装置はリング状のベース架台に打設機材を艤装したベースリングと、それを吊っている吊り治具から構成される。

ベースリングには、図-3のようにセルの先端抵抗・周面摩擦を低減させるために強力な振動を起こす「バイブロハンマー」、バイブロハンマー同士を連結して同期運転させる「中間連結装置」、セルを把持して振動を伝達する「油圧チャック」、及び、施工状況を監視する「施工管理システム」が取り付けられている。

吊り治具にはベースリングの振動が起重機船に伝達しないように緩衝装置であるショックアブソーバが取り付けられている。

アーク打設装置はアークの形状に倣い、円弧状のベース架台にバイブロハンマー等を取り付ける。

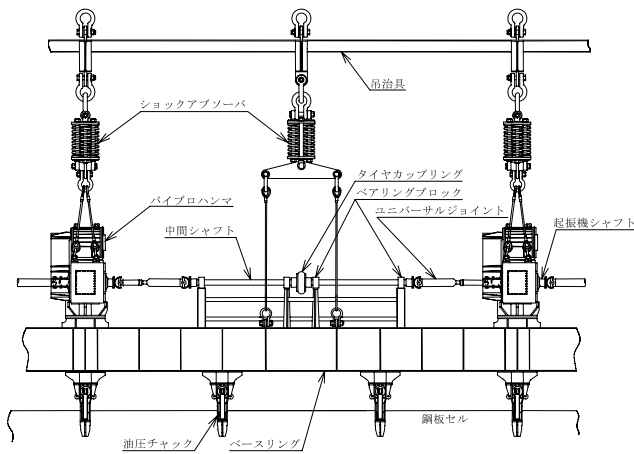


図-3 セル打設装置

パイプロハンマーへの電源ならびに油圧チャックへの油圧は、起重機船デッキ上に艀装された発電機・油圧ユニットからケーブル・ホースを介してそれぞれに機材に供給される。

(3) セル打設

(a) セルチャッキング～曳航

セル打設に際して、前項の打設装置に取り付けられた油圧チャックでセル製作ヤードに仮置きされたセルをチャッキングして(写真-3)、打設海域まで起重機船の曳航を行う。



写真-3 チャッキング作業状況

(b) 位置決め

打設海域では、起重機船の投錨作業を行いセルを所定の場所へ位置合わせを行う。位置決めの際は、陸上測量班からの誘導ならびに位置管理システム情報を元に起重機船の位置、ジブ角度・フック位置を調整する。

(c) 打設

セルの位置決め完了後、パイプロハンマーを起動させて打設を開始する。根入れ速度は概ね 30～50 cm/min を目安とし、打設中に生じるセル位置や鉛直度の軽微な変化は各々のフック位置ならびにジブ角度を微調整しながら修正していく(写真-4)。



写真-4 セル打設状況

不均一地盤や石・礫等が多数存在する地盤では、傾斜が生じやすくなるので、常に傾斜の修正作業を行う。異常傾斜が見られる場合は、一旦セルを引き抜いて位置合わせ・傾斜調整を行った後で再度打設を行うこともある。

(d) 出来形管理

所定の深度までセルを打設した後で、出来形確認を行う。表-1 に一般的なセル打設工の出来形管理基準を示す。

セルの鋼板は板厚 8～14 mm が一般的であり、セルの大きさからすると非常に薄いので、打設時は気象・海象の影響を受けやすい。そのため基準をクリアすることは大変難しいが、施工管理システムならびに起重機船の操船技術を駆使して基準内に収めることに成功している。

表-1 セル打設工出来形管理基準(例)

管理項目	許容範囲
セル中心位置	± 20 cm
天端高さ	± 10 cm
鉛直度	1/100 以下

(e) 施工管理システムの概要

鋼板セル施工管理システムは、鋼板セル工事を精度良くかつ高能率で行うことを目的として構築された鋼

板セル工事専用のシステムである。

施工管理システムは、セルの位置誘導を行う「位置管理システム」、セルの打設中の水平度を管理する「水平度管理システム」、バイプロハンマーの起振数や消費電力及び振動力など、バイプロハンマーの運転状態を監視する「バイプロハンマー監視システム」、セル本体を起重機船で吊り下げる際の固定状態を監視する「チャッキング監視システム」から構成される。

①位置管理システム

図-4のように、陸上基準点に設置された2台の自動追尾式光波計で、ベースリング上に設置した2台の耐震型光波プリズムをそれぞれ視準して座標を測量する。得られたデータは、起重機船ブリッジ内のモニター(図-5)に表示され、オペはこの位置情報をもとにセルの位置決めを行う。

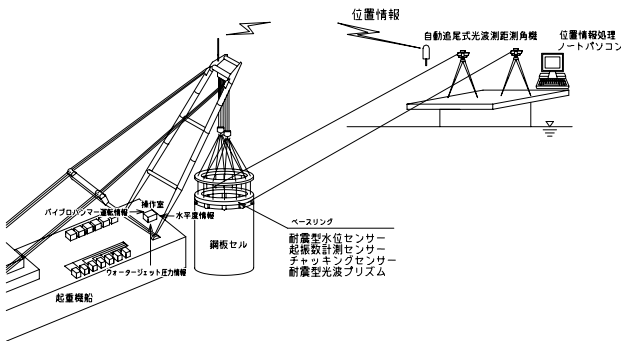


図-4 位置管理システム概要図

の傾斜状況は位置管理システム同様に画面に表示される。

③バイプロハンマー監視システム

バイプロハンマー監視装置は、セルの打設装置であるバイプロハンマーの消費電力、起振数(回転数)、振動加速度を計測しバイプロハンマーの運転状態を監視する装置である。

バイプロハンマーの消費電力は、起動盤の変流器と変圧器ならびに電力変換器によって検出する(写真-5)。起振数はバイプロハンマー連動軸の回転数を起振数センサー(近接センサー)によって検出する。振動力はベースリングの前後左右方向のバイプロハンマー台座に設置された振動センサー(圧電式加速度ピックアップ)によって検出する。

打設の際は、バイプロハンマーに過度の負担がかかっていないか、起振数が落ちていないか、水平振動が生じていないか等を監視しながら打設を行う。



写真-5 バイプロ消費電力波形

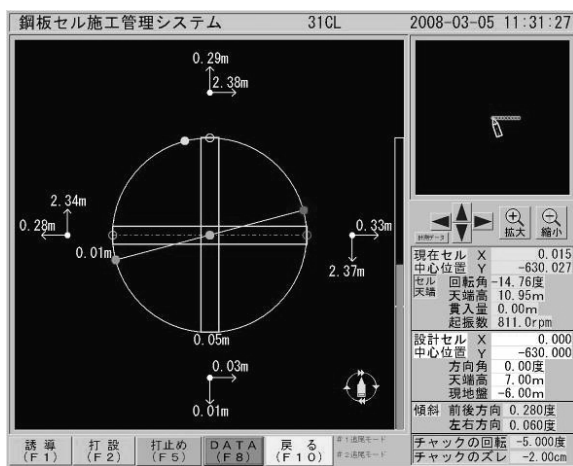


図-5 施工管理システム画面

②水平度管理システム

ベースリングの前後/左右方向に連結管を設置して管内を水で充填させておく。各管に立ち上がり部(4ヶ所)を設け、そこに耐震型水位センサーを設置して水位を計測する。その水位差から算出したセル

④チャッキング監視システム

油圧チャックがセルを確実にチャッキングできるように、油圧チャックに近接センサーを取り付けておき、セルがチャック歯の奥まで到達していることを確認してからチャッキングを行う。

以上のシステムを駆使してセルの打設を行う。

(f) 中詰砂投入

根入れされたセルのみの状態では構造物としては非常に脆弱である。急激な海象の変化等によりセルの傾斜や変形等が危惧される。そのため打設完了後、速やかに中詰砂の投入を行う。周辺地盤の性状にもよるが投入に際しては、急激な沈下や傾斜が生じないように投入量、投入箇所を管理しながら行うことが重要である。

(4) アーク打設

(a) アーク積込・運搬

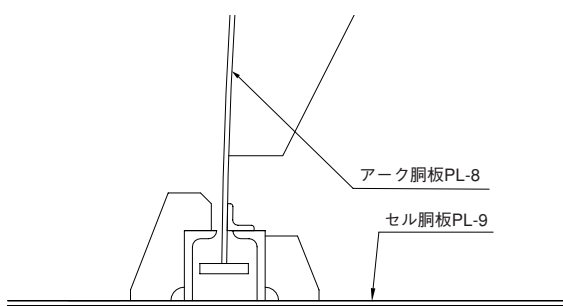
アークは写真—6のように台船に積載して打設現場まで運搬を行う。



写真—6 アーク積込状況

(b) アーク建込

アークは図—6のようにセル側のアーク継手にアーク側のフランジを挿入させながら打設を行う。アーク打設の重要なポイントはアーク継手にアークをいかに適切に挿入するかである。アーク継手はセルの製作精度・打設精度・地盤による沈下・傾斜により、設計値と若干ずれることがある。そのためアーク挿入時にはレバブロック・ワイヤー等を用いて、アーク弦長の若干の調整を施すこともある。



図—6 アーク継手

(c) アーク打設

アークを建て込んだ後、継手内に挿入させていく。アークが着底したところでチャッキングを行い、パイプロを起動させ打設していく。写真—7にアークの打設状況を示す。

アーク打設では地盤抵抗はもちろんのこと、継手抵

抗も打設能率に大きく影響するため、アークが鉛直になるようにクレーン操作を行い打設していく。



写真—7 アーク打設状況

(d) 中詰砂投入

アーク打設後もセル同様に中詰砂の投入を行う。

4. 施工事例

以下に、近年の代表的な鋼板セルの施工事例を示す。

(1) 施工例1 (写真—8)

場所：和歌山県下津港

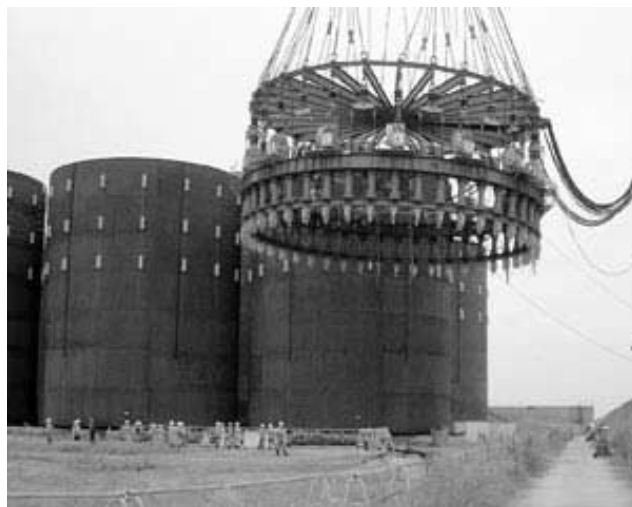
目的：防波堤

時期：平成15年度

数量：セル $\phi 25\text{ m}$ $H = 30.9 \sim 31.4\text{ m}$ 11 函

アーク $r5.0\text{ m}$ $H = 6.9 \sim 7.4\text{ m}$ 20 枚

平成15年度土木学会「技術開発賞」受賞



写真—8 施工例1

(2) 施工例 2

場所：大阪湾

目的：空港護岸

時期：平成 19 年度

数量：セル φ 22 m H = 24.1 m 8 函
 アーク r6.37 m H = 24.1 m 14 枚

(3) 施工例 3 (写真—9)

場所：大阪湾

目的：廃棄物処分場仮仕切り護岸

時期：平成 18 ~ 20 年度

数量：セル φ 18.5 m H = 16.0 ~ 19.5 m 31 函
 アーク r5.6 m H = 16 m 60 枚



写真—9 施工例 3

5. おわりに

本稿では、根入れ式鋼板セル工法の施工方法について重点的に紹介した。セル工法は約 30 年の歴史がありさまざまな場所にて実績を残している。また、近年の鋼板セル工事ではより大型化する傾向にあり、さらに従来のセル工法の適用地盤を超えてさまざまな地盤においても採用されることが増えてきた。これもセル工法の多くのメリットが広く認知されてきたからと思われる。しかしながら、セル工法はまだまだ改良できる可能性を秘めている。今後は、護岸へのさまざまな要望に応えていけるように設計・施工をバージョンアップさせて、さらに信頼性の高い工法・護岸として発展させていきたいと考える。

JCMA

【筆者紹介】

熊谷 崇信 (くまがい たかのぶ)
 東亜建設工業㈱
 土木事業本部機電部



建設の機械化／建設の施工企画 2004 年バックナンバー

平成 16 年 1 月号 (第 647 号) ~ 平成 16 年 12 月号 (第 658 号)

1 月号 (第 647 号) ロボット技術特集	5 月号 (第 651 号) リサイクル特集	9 月号 (第 655 号) 維持管理特集	■体裁 A4 判 ■定価 各 1 部 840 円 (本体 800 円)
2 月号 (第 648 号) 地震防災特集	6 月号 (第 652 号) 海外の建設施工特集	10 月号 (第 656 号) 環境対策特集	■送料 100 円
3 月号 (第 649 号) 地下空間特集	7 月号 (第 653 号) 安全対策特集	11 月号 (第 657 号) 除雪技術特集	
4 月号 (第 650 号) 行政特集	8 月号 (第 654 号) 情報化施工特集	12 月号 (第 658 号) 新技術・新工法特集	

社団法人 日本建設機械化協会

〒 105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>